



INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GUSTAVO WILLIAN CARVALHO DA SILVA

**TECHFIT AR: DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS
PARA ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DE
MOVIMENTOS RELACIONADOS A ATIVIDADES FÍSICAS**

MORRINHOS
2025

GUSTAVO WILLIAN CARVALHO DA SILVA

**TECHFIT AR: DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS
PARA ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DE
MOVIMENTOS RELACIONADOS A ATIVIDADES FÍSICAS**

Proposta Projeto de Trabalho de Curso apresentado à Coordenação de Trabalho de Curso do Curso Bacharelado em Ciência da Computação do Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos - GO, como requisito parcial para a obtenção de título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva

**MORRINHOS
2025**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S586t Silva, Gustavo Willian Carvalho da
TECHFIT AR: DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS PARA
ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DE MOVIMENTOS
RELACIONADOS A ATIVIDADES FÍSICAS / Gustavo Willian
Carvalho da Silva. Morrinhos 2026.

62f. il.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva.

Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0419204 -
[MO.GRAD] Bacharelado em Ciência da Computação -
Morrinhos (Campus Morrinhos).

1. Realidade Aumentada. 2. Exercícios Físicos. 3. Detecção de
Movimentos. 4. Feedback em Tempo Real. 5. Visão
Computacional. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☒ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Gustavo Willian Carvalho da Silva

Matrícula:

2021104201940026

Título do trabalho:

TECHFIT AR:DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS PARA ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DE MOVIMENTOS RELACIONADOS A ATIVIDADES FÍSICAS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 01 /04 /2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
GUSTAVO WILLIAN CARVALHO DA SILVA
Data: 23/03/2026 15:14:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Morrinhos - GO
Local

23 /03 /2026
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
ALEXANDRE CARVALHO SILVA
Data: 24/03/2026 13:00:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 10/2026 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

ATA DE DEFESA DA BANCA DE EXAME DE TRABALHO DE CURSO POR VIDEOCONFERÊNCIA

Aos **09** dias do mês de março de **2026**, às **19** horas foi realizada a Banca de Exame, em formato remoto para a apresentação pública e defesa do trabalho de curso do discente **GUSTAVO WILLAN CARVALHO DA SILVA** intitulado como: Desenvolvimento de um protótipo pra acompanhamento na execução de movimentos relacionados a atividade física, como requisito necessário para a conclusão do curso Bacharelado em Ciência da Computação - IFGoiano campus Morrinhos.

A Banca de Exame foi constituída pelos membros: **Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva (orientador)**, **Prof. Me. Mauricio José Aureliano Júnior (UFOP)** e **Prof. Me. Angel Rodrigues Ferreira**. Após a análise, emitiram o seguinte resultado:

1 - (☒) **Aprovado**

2 - (☐) **Aprovado com ressalva**

(A Banca Examinadora deve definir as exigências a serem cumpridas pelo aluno na revisão, ficando o orientador responsável pela verificação do cumprimento das mesmas.)

Observações: _____

3 - (☐) **Reprovado com o seguinte parecer:** _____

Morrinhos -GO, **09** de março de 2026.

Por ser verdade firmamos a presente:

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Me. Maurício José Aureliano Júnior

Membro Externo - UFOP

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Me. Angel Rodrigues Ferreira

Membro Interno

(Assinado Eletronicamente)

Documento assinado digitalmente
gov.br MAURICIO JOSE AURELIANO JUNIOR
Data: 19/03/2026 08:44:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado eletronicamente por:

- **Alexandre Carvalho Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/03/2026 20:24:30.
- **Angel Rodrigues Ferreira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/03/2026 07:48:58.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/03/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 797971
Código de Autenticação: f13a4c1f54



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Morrinhos
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000
(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

Agradeço à equipe de gestão do curso de Bacharelado em Ciência da Computação e à gestão do IF Goiano – Campus Morrinhos, que me proporcionaram um ambiente que me permitiu crescer, tanto através do conhecimento obtido quanto nas conexões que fiz.

Sou grato a todos que me ajudaram durante a pesquisa, em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre, que sempre acompanhou o desenvolvimento do projeto, dando total apoio. Sem ele, eu não conseguiria fazer essa pesquisa da forma que fiz.

Sou grato também aos amigos que pude conhecer ao longo deste curso, que sempre estiveram ao meu lado, tanto nos momentos de diversão quanto nos momentos de dificuldade, muito obrigado por tornar essa difícil jornada em algo mais leve.

E, acima de tudo, à minha família, por sempre me apoiar e por confiarem em mim, me permitindo sonhar cada vez mais alto.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Com a aceleração da evolução tecnológica, inúmeras ferramentas surgem para melhorar a prática de exercícios físicos. Deste modo, o *TechFit AR* é apresentado como uma ferramenta criada com realidade aumentada para auxiliar pessoas na realização de exercícios físicos de forma correta, prevenindo lesões e melhorando a eficiência dos treinos. O sistema permite aos usuários diferentes funções, como configuração de treinos através de gestos manuais, detecção de movimentos e feedback em tempo real para ajustar postura e execução. Para isso, foram utilizadas técnicas de visão computacional viabilizadas com *MediaPipe* e *OpenCV*, bibliotecas para identificação de movimento, bem como *Numpy*, *TKinter* e *Pygame*, bibliotecas focadas em interface e processamento. Os testes realizados demonstram que o sistema funciona de forma correta, garantindo a satisfação do usuário em relação aos comandos realizados e fornecendo um feedback adequado. No entanto, há chances de melhorias, como expandir o leque de exercícios e contratar um educador físico especialista. O *TechFit AR* não poderia ser descartado como ferramenta útil quando se trata de monitorar e otimizar atividades físicas praticadas.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada; Exercícios Físicos; Detecção de Movimentos; Feedback em Tempo Real; Visão Computacional.

ABSTRACT

With the accelerated evolution of technology, numerous tools have emerged to enhance the practice of physical exercises. In this context, *TechFit AR* is introduced as a tool developed with augmented reality to assist individuals in performing physical exercises correctly, preventing injuries and improving training efficiency. The system offers users various functionalities, such as workout configuration through hand gestures, motion detection, and real-time feedback to adjust posture and execution. To achieve this, computer vision techniques were employed using *MediaPipe* and *OpenCV*, libraries for motion detection, as well as *NumPy*, *Tkinter*, and *Pygame*, libraries focused on interface and processing. The tests conducted demonstrate that the system operates correctly, ensuring user satisfaction regarding the executed commands and providing appropriate feedback. However, there is room for improvement, such as expanding the range of exercises and involving a specialized physical education professional. *TechFit AR* should not be overlooked as a useful tool when it comes to monitoring and optimizing physical exercise routines.

KEYWORDS: Augmented Reality; Physical Exercises; Motion Detection; Real-Time Feedback; Computer Vision.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.1 INTRODUÇÃO	3
1.2 A IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO	3
1.3 TECNOLOGIA NA ÁREA FITNESS	4
1.4 SISTEMAS DE RECONHECIMENTO DE MOVIMENTO.....	4
1.5 INTERFACES BASEADAS EM GESTOS	5
1.6 FEEDBACK VISUAL E SONORO NA MOTIVAÇÃO	5
1.7 REALIDADE AUMENTADA	6
1.8 CONCLUSÃO	6
2 TRABALHOS CORRELATOS.....	8
2.1 INTRODUÇÃO	8
2.2 DETECTION AND POSE ADJUSTMENT IN PHYSICAL EXERCISES USING COMPUTER VISION TECHNIQUES: APPROACHES, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	8
2.3 COMPUTER VISION TECHNOLOGIES FOR HUMAN POSE ESTIMATION IN EXERCISE: ACCURACY AND PRACTICALITY	9
2.4 A REVIEW OF COMPUTER VISION-BASED APPROACHES FOR PHYSICAL REHABILITATION AND ASSESSMENT	11
2.5 HOME- BASED PHYSICAL THERAPY WITH AN INTERACTIVE COMPUTER VISION SYSTEM.....	12
2.6 ANÁLISE COMPARATIVA E DIFERENCIAIS PROPOSTOS	14
2.7 CONCLUSÃO	15
3 ARQUITETURA DO SISTEMA	16
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
3.2 DIAGRAMA DE CASO DE USO.....	16
3.3 DIAGRAMA DE BLOCOS.....	20
3.4 DIAGRAMA DE CLASSES.....	22

3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
4	DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO	24
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	24
4.2	FERRAMENTAS UTILIZADAS	24
4.2.1	VSCode	24
4.2.2	Python	25
4.2.3	MediaPipe	25
4.2.4	OpenCV	25
4.2.5	NumPy	26
4.2.6	TKInter	26
4.2.7	Pygame	26
4.3	IMPLEMENTAÇÕES DOS CASOS DE USO	27
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
5	FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE	30
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	30
5.2	USO DO SOFTWARE.....	30
5.3	INTERFACE INICIAL.....	30
5.4	INTERFACE TUTORIAL.....	31
5.5	INTERFACES DE ESCOLHA.....	32
5.6	INTERFACE DE SELEÇÃO POR GESTOS MANUAIS.....	35
5.7	INTERFACE DE RESUMO DE EXERCÍCIO	35
5.8	INTERFACE DE EXECUÇÃO DO EXERCÍCIO.....	36
5.9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
6	TESTES E RESULTADOS.....	39
6.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	39
6.2	DEFINIÇÃO DOS TESTES	40
6.3	VALIDAÇÃO DOS CASOS DE TESTE.....	40

6.3.1	Selecionar exercício	40
6.3.2	Definir séries e repetições.....	42
6.3.3	Definir intervalo entre séries.....	43
6.3.4	Iniciar treino	45
6.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	48
7.1	CONCLUSÃO	48
7.2	TRABALHOS FUTUROS.....	49
8	REFERÊNCIAS	50

INTRODUÇÃO

Graças à grande expansão de conteúdo online e à busca contínua por uma melhor qualidade de vida, o desenvolvimento na área de atividades e exercícios físicos tem aumentado significativamente. Entretanto, a falta de supervisão qualificada pode acabar resultando na execução inadequada dos exercícios, levando a possíveis lesões. Segundo Peixoto et al. (2022), dentre as variáveis associadas ao surgimento de lesões, destaca-se “a ausência de acompanhamento por um profissional de saúde na realização dos treinos”. Essa realidade é cada dia mais comum, devido ao ritmo acelerado da vida moderna.

Neste cenário, a integração de novas tecnologias surge como uma solução promissora. A Realidade Aumentada (RA) caracteriza-se pela projeção de elementos virtuais interativos sobrepostos ao ambiente físico do usuário em tempo real. Quando aliada à visão computacional, a RA demonstra um forte potencial para aprimorar a prática esportiva, pois permite exibir guias visuais e marcações articulares diretamente sobre a imagem do praticante. Dessa forma, proporciona-se um método imersivo de aprendizagem e correção autônoma de movimentos, ajudando a suprir a ausência física de um instrutor.

Esta pesquisa apresenta o desenvolvimento do *TechFit AR*, um software criado em Python que utiliza a biblioteca MediaPipe para identificar pontos corporais humanos durante a execução de exercícios físicos. O software oferece feedback visual e sonoro em tempo real, auxiliando os usuários a manterem a postura correta e a realizarem os movimentos de forma ideal. Dessa forma, o risco de lesões é reduzido e, em paralelo, a eficácia do treino é potencializada, tornando a prática de atividades físicas mais segura e acessível.

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver um sistema de software (TechFit AR) baseado em visão computacional e realidade aumentada para o monitoramento, orientação e correção da execução de exercícios físicos em tempo real.

Para o alcance desta finalidade, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- Empregar ferramentas de *Human Pose Estimation* (HPE) para o rastreamento preciso de marcos anatômicos do corpo humano;

- Desenvolver interfaces interativas controladas por gestos manuais, garantindo autonomia e usabilidade ao usuário durante a prática esportiva;
- Implementar mecanismos de *feedback* multimodal (visual e sonoro) que alertem o usuário sobre a correção postural e contabilizem o volume do treino de forma automática;
- Analisar o fluxo de funcionamento e as interações do sistema por meio de testes de software, avaliando seu potencial como ferramenta de auxílio domiciliar.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 INTRODUÇÃO

A tecnologia fez, sem dúvida, incríveis avanços para os diferentes campos, e o treinamento esportivo não ficou alheio a isso. No presente, softwares inteligentes servem para a monitoração e correção dos exercícios, proporcionando movimentos mais precisos e ajudando na melhoria do desempenho do usuário.

Neste capítulo, iremos trabalhar os conceitos e as tecnologias que são a base do desenvolvimento do *TechFit AR*, um software que utiliza detecção de movimento para personalizar e monitorar os treinos de condicionamento físico. Discutiremos a importância do treinamento físico, os tipos de tecnologias aplicadas na área fitness, sistemas de reconhecimento de movimento, interfaces com detecção de gestos e a influência do feedback visual e sonoro na motivação dos usuários.

1.2 A IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO

A falta de realização constante de atividades físicas contribui significativamente para o declínio na qualidade de vida. Esse comportamento sedentário tem se tornado cada vez mais comum na sociedade moderna, devido às rotinas intensas e ao uso elevado de dispositivos eletrônicos. Segundo Darren, Warburton e Shannon (2006, p. 1):

A inatividade física é um fator de risco modificável para doenças cardiovasculares e uma variedade crescente de outras doenças crônicas, como diabetes mellitus, câncer (de cólon e mama), obesidade, hipertensão, doenças ósseas e articulares (como osteoporose e osteoartrite), além da depressão (DARREN, WARBURTON e SHANNON, 2006, p. 1).

Ademais, a execução inadequada dos movimentos pode gerar efeitos

adversos, como lesões musculares e articulares. Por isso, o acompanhamento profissional ou o uso de tecnologias que auxiliem na correção dos exercícios tornam-se indispensáveis para garantir uma prática segura e eficiente.

1.3 TECNOLOGIA NA ÁREA FITNESS

A tecnologia tem revolucionado a forma como as pessoas treinam, trazendo soluções inovadoras que permitem um acompanhamento mais preciso e personalizado. Dispositivos como sensores de movimento e aplicativos especializados oferecem recursos avançados para monitoramento de desempenho e ajuste dos treinos conforme as necessidades individuais (CHATTERJEE et al., 2022).

Entre as inovações mais relevantes, destacam-se os sistemas baseados em inteligência artificial e visão computacional, que analisam automaticamente os movimentos do corpo. Essas ferramentas possibilitam uma abordagem mais precisa para correção postural e aprimoramento da técnica, tornando os treinos mais eficazes e seguros.

Além disso, plataformas online são capazes de utilizar algoritmo de aprendizado de máquina para adaptar planejamentos de treinos baseados no histórico do usuário, tornando a experiência personalizada.

1.4 SISTEMAS DE RECONHECIMENTO DE MOVIMENTO

Os sistemas de reconhecimento de movimento desempenham um papel crucial na análise e monitoramento da biomecânica corporal. Tecnologias como MediaPipe e OpenCV permitem a detecção de pontos-chave do corpo humano em tempo real, possibilitando a avaliação detalhada da execução dos movimentos. Um exemplo desse avanço tecnológico é a capacidade de mapear até 33 pontos articulares de forma contínua e veloz, viabilizando o rastreamento preciso de poses e exercícios físicos complexos (BAZAREVSKY et al., 2020).

1.5 INTERFACES BASEADAS EM GESTOS

A interação com sistemas computacionais por meio de gestos tem se tornado uma tendência crescente, especialmente nas áreas de saúde e treinamento físico. Interfaces baseadas em gestos eliminam a necessidade de dispositivos físicos, tornando a experiência mais intuitiva e acessível. Segundo Barros (2024), um sistema de interface gestual de mãos pode substituir ou complementar métodos tradicionais de controle, como teclado e mouse, sendo útil em contextos como ambientes de RA.

Para o *TechFit AR*, os gestos são utilizados na configuração de parâmetros do treino, como tipo de exercício, número de séries, repetições e intervalos. Essa abordagem reduz a necessidade de interação manual, tornando o processo mais fluido e natural para o usuário.

1.6 FEEDBACK VISUAL E SONORO NA MOTIVAÇÃO

O feedback visual e sonoro desempenha um papel fundamental na motivação e no aprendizado motor. Pesquisas indicam que estímulos multimodais, como alertas visuais e sonoros, facilitam a assimilação dos movimentos e aumentam o engajamento dos praticantes. Segundo De Liz (2012), o feedback pode ter papel motivador para a realização da prática de exercício físico, principalmente se este é realizado de forma positiva e exalta qualidades do executante.

O *TechFit AR* utiliza feedbacks visuais, como alteração de cores nas linhas e pontos do corpo, que são exibidos na tela para indicar a correta ou incorreta execução dos exercícios, enquanto sinais sonoros auxiliam na contagem de repetições e na sinalização de pausas e reinícios. A combinação desses estímulos melhora a experiência do usuário e contribui para a manutenção da técnica adequada durante os treinos.

1.7 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) caracteriza-se pela integração de elementos virtuais interativos ao ambiente real do usuário, processados e exibidos em tempo real. Diferente da Realidade Virtual, que insere o indivíduo em um ambiente totalmente sintético e fechado, a RA tem como objetivo principal enriquecer o mundo físico com informações digitais sobrepostas, mantendo a percepção do usuário sobre o espaço à sua volta (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

No contexto do treinamento físico e da reabilitação, a RA oferece vantagens significativas ao projetar guias visuais e métricas de desempenho diretamente na tela que reflete a imagem do praticante. Um sistema de RA eficiente deve combinar o real e o virtual, ser interativo em tempo real e estar alinhado tridimensionalmente. Aplicando esse conceito à área *fitness*, torna-se possível exibir marcações articulares e *feedbacks* corretivos sobrepostos ao próprio corpo do usuário, facilitando a compreensão biomecânica instantânea sem que ele precise desviar a atenção do exercício que está executando.

Além disso, a união da Realidade Aumentada com algoritmos de visão computacional permite que as aplicações não apenas exibam elementos virtuais estáticos, mas também compreendam dinamicamente a pose humana. Essa sinergia cria um ambiente de treino imersivo e autônomo, dispensando o uso de sensores físicos acoplados ao corpo (como relógios ou cintas) e promovendo uma interação muito mais natural, higiênica e segura durante a prática de atividades físicas (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

1.8 CONCLUSÃO

Neste capítulo, foram apresentados os principais conceitos e tecnologias que fundamentam o desenvolvimento do *TechFit AR*. Destacou-se a importância do treinamento físico e o papel da tecnologia na otimização da prática esportiva. Além disso, exploramos o funcionamento dos sistemas de reconhecimento de movimento, a relevância das interfaces baseadas em gestos e o impacto do

feedback multimodal na experiência do usuário.

Esses elementos fornecem a base teórica necessária para a implementação do software, garantindo que sua aplicação seja eficiente e contribua para uma prática de exercícios mais segura, intuitiva e motivadora.

2 TRABALHOS CORRELATOS

2.1 INTRODUÇÃO

A aplicação da visão computacional na correção de exercícios físicos tem sido amplamente estudada, especialmente no contexto de sistemas interativos e RA. Diversos trabalhos abordam o uso dessas tecnologias para análise postural, correção de movimentos e fornecimento de feedback em tempo real, visando melhorar a execução dos exercícios e reduzir o risco de lesões.

Neste estudo, foram selecionadas seis pesquisas que possuem uma relação direta com o desenvolvimento do *TechFit AR*. Esses trabalhos foram escolhidos levando em consideração duas categorias principais:

- a) **Correção postural e feedback em tempo real:** Estudos que utilizam visão computacional para análise de movimentos e aprimoramento do desempenho em atividades físicas e esportivas.
- b) **Aplicações em reabilitação e saúde:** Pesquisas voltadas para o uso da visão computacional em fisioterapia, reabilitação e monitoramento de pacientes durante a realização de exercícios físicos.

A análise desses estudos permite posicionar este trabalho dentro do estado da arte e identificar abordagens que possam contribuir para a evolução da solução proposta.

2.2 DETECTION AND POSE ADJUSTMENT IN PHYSICAL EXERCISES USING COMPUTER VISION TECHNIQUES: APPROACHES, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Gonçalves et al. (2024) exploraram soluções tecnológicas para detectar e interpretar os movimentos do corpo humano durante a execução de exercícios físicos, com o objetivo de fornecer correção em tempo real e prevenir possíveis lesões. A motivação para este estudo surgiu com o aumento da demanda por sistemas de monitoramento de movimentos corporais, especialmente devido ao

crescimento da procura por soluções que permitissem a prática de exercícios em casa, impulsionada pela pandemia de COVID-19. Esse aumento gerou a necessidade de métodos mais eficazes, uma vez que muitas soluções disponíveis dependem de planos de treino predefinidos, sem mecanismos para avaliar a qualidade da execução dos movimentos.

O sistema desenvolvido pelos autores baseia-se na captura contínua de imagens em tempo real, processando os dados para identificar os movimentos e verificar a execução correta dos exercícios. Caso haja erros na postura ou na técnica, o sistema gera um feedback corretivo imediato. Os principais critérios analisados incluem a detecção e classificação das ações humanas durante os exercícios físicos e a identificação e correção de erros nos movimentos executados. Técnicas de visão computacional foram aplicadas a imagens obtidas por câmeras digitais, permitindo a criação de um sistema acessível e de fácil implementação.

Apesar dos avanços, o estudo apontou desafios como a precisão na detecção de poses em diferentes contextos e a necessidade de modelos mais adaptáveis a variações corporais e diferentes ambientes. Os resultados demonstraram que a abordagem proposta pode contribuir significativamente para a evolução de sistemas inteligentes voltados à melhoria da execução de exercícios físicos, mas há ainda a necessidade de superação de limitações para uma maior aplicabilidade em cenários diversos.

2.3 COMPUTER VISION TECHNOLOGIES FOR HUMAN POSE ESTIMATION IN EXERCISE: ACCURACY AND PRACTICALITY

Latyshev et al. (2024) realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a precisão e a praticidade da utilização de modelos modernos de visão computacional na identificação da postura humana durante a execução de exercícios físicos. A investigação destacou a importância das tecnologias de visão computacional para a compreensão e otimização dos movimentos humanos, especialmente no contexto esportivo e da saúde pública. Modelos como *MediaPipe* e *OpenPose* foram empregados para a identificação de marcos anatômicos, permitindo a análise dinâmica da postura e dos movimentos. No entanto, o estudo apontou que a precisão desses modelos varia, sendo o *MediaPipe* mais confiável para a maioria dos pontos anatômicos em comparação

com o *OpenPose*, conforme ilustra a Figura 01.

Figura 01 – Mapeamento de marcos anatômicos para análise de postura



Fonte: Latyshev et al. (2024).

Como observado na Figura 01, a sobreposição dos pontos articulares permite o acompanhamento contínuo da pose do usuário durante a execução da atividade. Os resultados indicaram que a margem de erro na detecção de certos pontos pode chegar a 10% da altura do indivíduo, o que representa um desvio significativo quando comparado ao limite aceitável de 3,13% estabelecido em estudos anteriores. As maiores imprecisões foram observadas na detecção de pontos relacionados ao pé (tornozelo, calcanhar, índice do pé) e ao pulso, enquanto pontos como olhos, ombros, quadris e joelhos apresentaram desvios menores (1 a 3% no *MediaPipe*). Outra diferença relevante identificada foi a precisão da previsão entre os lados direito e esquerdo do corpo, atribuída à predominância do uso da perna direita como membro de apoio pelos participantes. Esse fator biomecânico não está relacionado à funcionalidades dos modelos, mas sim ao comportamento dos indivíduos.

O estudo reforçou a necessidade de refinamento adicional dos modelos para garantir maior precisão na detecção e análise dos movimentos. Além disso, foi enfatizada a importância da colaboração interdisciplinar entre especialistas em ciência da computação, ciência de dados, biomecânica e educação física para aprimorar a eficácia dos sistemas de *Pose Estimation*. Como perspectiva futura, os autores sugeriram o desenvolvimento de um aplicativo baseado em aprendizado de máquina para monitoramento do equilíbrio corporal, permitindo que indivíduos acompanhem seu progresso de forma autônoma. Essa

abordagem visa não apenas viabilizar a aplicação prática dessas tecnologias, mas também aprimorar a precisão dos métodos empregados, possibilitando comparações com outras técnicas similares.

2.4 A REVIEW OF COMPUTER VISION-BASED APPROACHES FOR PHYSICAL REHABILITATION AND ASSESSMENT

Khanal et al. (2022) realizaram uma revisão abrangente sobre abordagens baseadas em visão computacional para reabilitação física e avaliação de exercícios, destacando a crescente necessidade de tecnologias que possibilitem o monitoramento eficiente da atividade física, especialmente para idosos e pessoas que não desejam utilizar sensores corporais. A revisão foca em técnicas de monitoramento não invasivas, utilizando câmeras e algoritmos de processamento de imagens para extrair e interpretar dados fisiológicos durante a execução dos exercícios. As abordagens analisadas foram classificadas em dois grupos principais: tecnologias de sensores de contato e tecnologias sem contato. Enquanto os sensores de contato são amplamente empregados para a coleta de informações fisiológicas, como frequência cardíaca e temperatura corporal, os métodos sem contato baseiam-se na captura de imagens e vídeos processados por algoritmos de visão computacional e aprendizado de máquina.

A utilização de expressões faciais para detectar fadiga e a capacidade de monitoramento em tempo real sem a necessidade de dispositivos vestíveis demonstram o potencial dessas soluções, exemplificado na Figura 02.

Figura 02 – Sistema de avaliação e feedback visual em tempo real



Fonte: Khanal et al. (2022).

A Figura 02 evidencia a aplicação prática do monitoramento sem contato, onde os algoritmos processam a imagem capturada para avaliar o

movimento e fornecer um retorno visual imediato sobre a qualidade da execução. O estudo também explora diversas aplicações de monitoramento físico, incluindo análises de atletas, pacientes em reabilitação e indivíduos idosos. Embora grande parte das pesquisas se concentre na utilização de apenas um tipo de sensor, o estudo sugere que a precisão dos sistemas poderia ser significativamente melhorada com a implementação de tecnologias multissensoriais. Com a evolução das redes neurais profundas, espera-se que novos métodos de monitoramento por visão computacional possam ser desenvolvidos, permitindo uma maior confiabilidade na avaliação do desempenho físico.

Por fim, os autores enfatizam a necessidade de soluções acessíveis e de baixo custo para tornar o monitoramento do exercício físico mais eficiente e amplamente disponível. A integração de sistemas de aprendizado profundo e big data pode viabilizar o desenvolvimento de modelos universais para monitoramento em tempo real, reduzindo a dependência de soluções individuais e aumentando a escalabilidade da tecnologia para diferentes contextos de saúde e bem-estar.

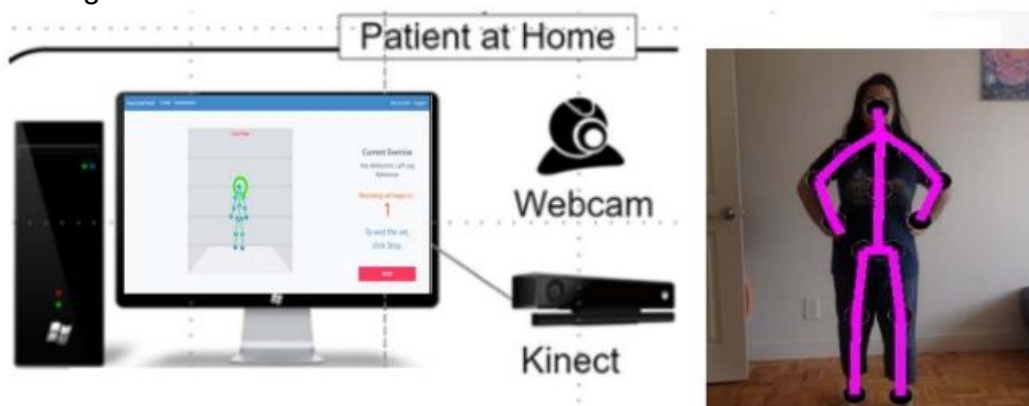
2.5 HOME- BASED PHYSICAL THERAPY WITH AN INTERACTIVE COMPUTER VISION SYSTEM

Gu et al. (2019) desenvolveram o *ExerciseCheck*, um sistema interativo de visão computacional para monitoramento remoto e avaliação da execução de exercícios físicos em ambiente domiciliar, com o objetivo de solucionar dois desafios principais: a análise precisa e em tempo real dos movimentos dos usuários durante os exercícios e a geração de um relatório consistente para avaliação qualitativa e quantitativa do desempenho por fisioterapeutas e pacientes. Para isso, foi implementado um módulo de visão computacional capaz de estimar e analisar a pose humana a partir de entrada de vídeo. A metodologia empregada baseou-se na captura de coordenadas articulares utilizando modelos de aprendizado profundo para *Human Pose Estimation* (HPE) aplicados a imagens RGB.

Além disso, o sistema permitiu a integração de câmeras de profundidade, proporcionando maior precisão na estimativa dos movimentos. Os dados capturados foram utilizados para realizar uma análise quantitativa das

trajetórias dos movimentos dos pacientes, identificando problemas como movimentos imprecisos, velocidade inadequada e amplitude limitada, conforme a arquitetura apresentada na Figura 03.

Figura 03 – Estrutura física e interface do sistema *ExerciseCheck*



Fonte: Gu et al. (2019).

A Figura 03 ilustra a configuração do ambiente domiciliar, destacando a integração da webcam e do sensor Kinect com a interface do software para a extensão do esqueleto do paciente. Para validar a eficiência do *ExerciseCheck*, foi conduzido um estudo experimental com pacientes diagnosticados com doença de Parkinson, que utilizaram o sistema em suas residências por um período de duas semanas a um mês. A avaliação combinou análise quantitativa e qualitativa, permitindo verificar a usabilidade e o impacto do sistema no acompanhamento da terapia física domiciliar.

Os resultados indicaram que, embora modelos de aprendizado profundo para HPE em imagens RGB apresentem grande potencial, ainda não são capazes de substituir completamente as câmeras de profundidade em aplicações clínicas. Como aprimoramento futuro, os autores sugerem a aplicação de técnicas de aprendizado por transferência para ajustar os modelos preexistentes a fim de melhorar a precisão das estimativas. Além disso, planejam implementar novos recursos visuais, como a sobreposição de um esqueleto de referência para auxiliar os usuários na comparação de seus movimentos em tempo real, bem como a adição de uma opção de visualização lateral para exercícios que exigem melhor perspectiva espacial. Outro aspecto considerado para futuras melhorias envolve a personalização do feedback oferecido pelo sistema, que, em vez de uma avaliação global da sessão, poderá fornecer orientação detalhada em tempo real, indicando erros específicos durante cada repetição, como "sua terceira repetição foi muito rápida" ou "não atingiu a altura necessária".

Por fim, a implementação de uma infraestrutura baseada em nuvem é vista como uma possibilidade para aumentar a capacidade computacional do sistema, permitindo a execução de algoritmos mais complexos e fornecendo aos usuários um feedback ainda mais preciso. Com essas melhorias, o *ExerciseCheck* tem potencial para se consolidar como uma ferramenta essencial na reabilitação física domiciliar, oferecendo suporte eficiente e acessível a pacientes e fisioterapeutas.

2.6 ANÁLISE COMPARATIVA E DIFERENCIAIS PROPOSTOS

Para consolidar a revisão bibliográfica e posicionar o *TechFit AR* em relação ao estado da arte, a Tabela 01 apresenta um quadro comparativo dos trabalhos analisados. A comparação evidencia os objetivos, as tecnologias empregadas, as limitações encontradas por cada autor e o diferencial estratégico que a presente pesquisa propõe para solucionar essas lacunas.

Tabela 01 – Quadro comparativo dos trabalhos correlatos e diferencias do software *TechFit AR*

Autores / Trabalhos	Foco	Tecnologias Utilizadas	Principais desafios
Gonçalves et al. (2024)	Correção de postura em casa com feedback corretivo.	Visão Computacional(Câmeras digitais / RGB).	Precisão afetada por variações de ambiente e diferentes biotipos corporais.
Latyhev et al. (2024)	Avaliação da precisão de modelos de Pose Estimation.	MediaPipe e OpenPose.	Imprecisão no rastreamento de extremidades(pés e pulsos) e problemas com sobreposição(oclusão).
Khanal et al. (2022)	Revisão sobre monitoramento não invasivo em reabilitação.	Algoritmos de imagem e Machine Learning sem sensores.	Necessidade de baratear custos e criar soluções verdadeiramente acessíveis ao público.
Gu et al. (2019)	Terapia física domiciliar para pacientes clínicos.	Deep Learning (HPE) com câmeras RGB e de profundidade.	Câmeras RGB comuns não foram suficientes clinicamente; o feedback não era instantâneo por repetição.
TechFit AR (O autor, 2025)	Prevenção de lesões com interação fluida e acessível.	MediaPipe, OpenCV e Python(Webcam RGB por padrão).	Mitigação de erros de execução dos exercícios mediante situações desfavoráveis para a detecção de pontos corporais.

Fonte: O autor (2025).

Com base na análise da Tabela 01, é possível evidenciar os diferenciais do *TechFit AR* em comparação às soluções existentes na literatura. Enquanto o estudo de Gu et al. (2019) demonstrou dependência de hardwares específicos para obter resultados satisfatórios, o *TechFit AR* foca na acessibilidade, destacada por Khanal et al. (2022), utilizando algoritmos baseando-se em imagens RGB de webcams comuns.

Assim como nos trabalhos de Latyshev et al.(2024) e Gonçalves et al. (2024), o *TechFit AR* apresentou dificuldades em relação à imprecisões nas extremidades do corpo e adaptação ambiental, demonstrando potencial em cenários com condições favoráveis.

2.7 CONCLUSÃO

A análise dos trabalhos correlatos evidencia a crescente relevância da visão computacional na correção e monitoramento de exercícios físicos. Os estudos revisados demonstram avanços significativos na detecção de posturas, fornecimento de feedback em tempo real e aplicação dessas tecnologias tanto em contextos esportivos quanto na reabilitação.

Os desafios identificados, como a necessidade de maior precisão na detecção de poses, adaptação a diferentes biotipos e ambientes e aprimoramento da interação com o usuário, reforçam a importância da pesquisa contínua nessa área. Além disso, percebe-se uma tendência de integração com aprendizado de máquina e computação em nuvem para tornar essas soluções mais acessíveis, escaláveis e personalizadas.

Diante desse panorama, o *TechFit AR* se insere como uma proposta inovadora que busca aprimorar a experiência dos usuários ao oferecer um sistema de correção de movimentos eficiente, intuitivo e acessível. A partir dos aprendizados extraídos desses estudos, a presente pesquisa pretende contribuir para o avanço das tecnologias de monitoramento e aperfeiçoamento da execução de exercícios físicos, alinhando inovação e usabilidade.

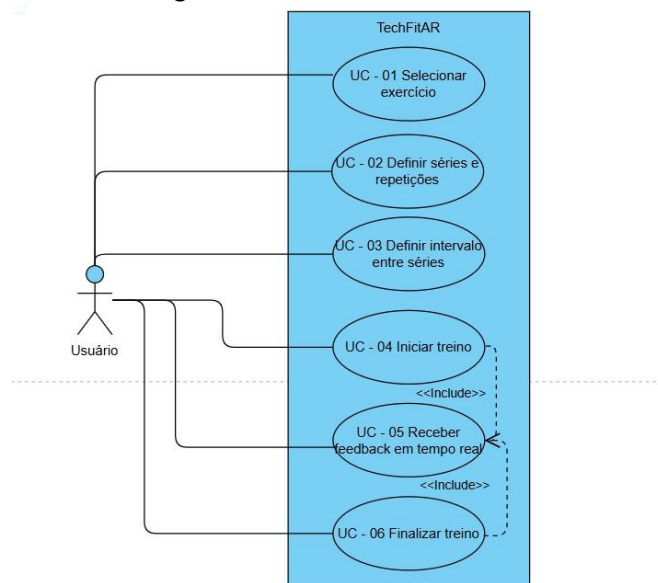
3 ARQUITETURA DO SISTEMA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta elementos essenciais para o desenvolvimento do sistema, destacando diretrizes que auxiliam na definição do planejamento e dos requisitos de engenharia de software. O objetivo é garantir que o sistema opere de maneira eficiente e precisa. Além disso, são fornecidos esquemas estruturais que servem como referência para a concepção da proposta, tais como: Diagrama de Blocos, Diagrama de Caso de Uso e Diagrama de Classe.

3.2 DIAGRAMA DE CASO DE USO

O Diagrama de Caso de Uso é uma representação visual do comportamento de um sistema sob diferentes condições, destacando as interações entre os usuários (atores) e as funcionalidades oferecidas. Ele ajuda a entender como um usuário interage com o sistema, mapeando as ações disponíveis e suas relações (Figura 04).

Figura 04 – Diagrama de Casos de Uso do *TechFit AR*

Fonte: O autor (2025).

Conforme a Figura 04, observa-se que o usuário interage com todo o sistema do *TechFit AR* para configurar e realizar seu treino. O usuário deve selecionar diferentes parâmetros de treino antes de iniciar o exercício. Durante a execução, o sistema fornece um feedback em tempo real para ajudar na correção dos movimentos, evitando possíveis lesões. Esse feedback é parte essencial do processo e ocorre automaticamente, sem necessidade de ação direta do usuário. Após concluir o treino, o usuário pode finalizar a sessão.

Para detalhar o fluxo de interação, a Tabela 02 apresenta as especificações do caso de uso UC-01, responsável pela seleção do exercício.

Tabela 02 - Descrição do caso “Selecionar exercício” do sistema *TechFit AR*

Caso de Uso	UC - 01 Selecionar exercício
Ator	Usuário
Descrição	Disponibiliza opções de exercícios que o usuário pode escolher para realizar.
Pré-Condição	Nenhuma
Fluxo normal	1. Escolher qual dos exercícios deseja realizar, através de gestos manuais.
Pós condição	UC - 02 Definir séries e repetições

Fonte: O autor (2025).

Após a escolha do exercício o sistema exige a configuração dos parâmetros do treino, processo descrito na Tabela 03 (UC- 02).

Tabela 03 - Descrição do caso “Definir séries e repetições” do sistema *TechFit AR*

Caso de Uso	UC - 02 Definir séries e repetições
Ator	Usuário
Descrição	Permite que o usuário escolha a quantidade de séries e repetições que irá realizar.
Pré-Condição	Selecionar exercício.
Fluxo normal	1. Fazer um gesto manual para definir quantas séries do exercício deseja realizar. 2. Fazer um gesto manual para definir quantas repetições do exercício deseja realizar.
Pós condição	UC - 03 Definir intervalo entre séries

Fonte: O autor (2025).

Na sequência, a Tabela 04 detalha o caso de uso UC – 03, onde o usuário define o tempo de descanso entre as séries.

Tabela 04 - Descrição do caso “Definir intervalo entre séries” do sistema *TechFit AR*

Caso de Uso	UC - 03 Definir intervalo entre séries
Ator	Usuário
Descrição	Oferece opções de intervalos comuns entre séries para que o usuário escolha qual se adequa melhor à sua vontade.
Pré-Condição	Definir séries e repetições.
Fluxo normal	1. Escolher um determinado intervalo através de um gesto manual.
Pós condição	UC - 04 Iniciar treino

Fonte: o autor (2025).

Com os parâmetros definidos, o sistema prossegue para a execução da atividade, cujas etapas estão mapeadas na Tabela 05 (UC – 04).

Tabela 05 - Descrição do caso “Iniciar treino” do sistema *TechFit AR*

Caso de Uso	UC - 04 Iniciar treino
Ator	Usuário
Descrição	O usuário realizará o treino conforme os parâmetros definidos anteriormente.
Pré-Condição	Definir intervalo entre séries.
Fluxo normal	1. A partir do exercício escolhido, o usuário deve realizar o movimento correto.
Pós condição	UC - 05 Receber feedback em tempo real

Fonte: O autor (2025).

Durante a execução, o componente principal do sistema entra em ação

para avaliar a postura do usuário conforme especificado na Tabela 6 (UC – 05).

Tabela 06 - Descrição do caso “Receber feedback em tempo real” do sistema *TechFit AR*

Caso de Uso	UC - 05 Receber feedback em tempo real
Ator	Usuário
Descrição	O sistema irá fornecer feedback sonoro e visual em tempo real, corrigindo a postura do usuário ao longo da execução do movimento.
Pré-Condição	Iniciar treino
Fluxo normal	1. Na fase concêntrica, o sistema irá tocar um determinado som e exibir determinadas cores para os pontos principais do corpo, levando em consideração o exercício em específico. 2. Na fase excêntrica, o sistema irá tocar um som e exibir cores diferentes da fase concêntrica, para que o usuário se guie em qual etapa do movimento ele está.
Pós condição	UC - 06 Finalizar treino

Fonte: O autor (2025).

Por fim, a Tabela 07 apresenta o caso de uso UC – 06, que descreve o encerramento do sistema ao término do exercício.

Tabela 07 - Descrição do caso “Finalizar treino” do sistema *TechFit AR*

Caso de Uso	UC - 06 Finalizar treino
Ator	Usuário
Descrição	Após concluir todas as repetições e todas as séries, o usuário irá finalizar a execução do exercício.
Pré-Condição	UC - 05 Receber feedback em tempo real
Fluxo normal	1. O software será encerrado.
Pós condição	Inexistente.

Fonte: O autor (2025).

A sequência detalhada de UC – 01 a UC – 06 demonstra um fluxo lógico e linear, onde cada etapa depende da conclusão bem-sucedida da anterior. Esse encadeamento assegura que o sistema possua todos os parâmetros necessários antes de iniciar o monitoramento biomecânico. O encerramento descrito na Tabela 07 consolida o ciclo de uso, garantindo que o processamento de dados e o feedback em tempo real sejam finalizados apenas após a conclusão integral da rotina planejada pelo usuário.

3.3 DIAGRAMA DE BLOCOS

O Diagrama de Blocos é um modelo que organiza as principais componentes de um sistema de forma estruturada, destacando como as informações fluem entre eles. Ele é utilizado para ilustrar o funcionamento de um software ou processo, facilitando a compreensão da sua lógica geral sem entrar em detalhes técnicos, conforme demonstra a Figura 05.

Figura 05 – Diagrama de blocos do *TechFit AR*

Fonte: O autor (2025).

A figura 05 demonstra o fluxo operacional do sistema, desde a configuração do treino até sua conclusão.

O processo começa com a definição dos parâmetros de treino por meio de gestos manuais. Essas informações são enviadas para o módulo de reconhecimento de gestos, responsável por interpretar os comandos e configurar o treino.

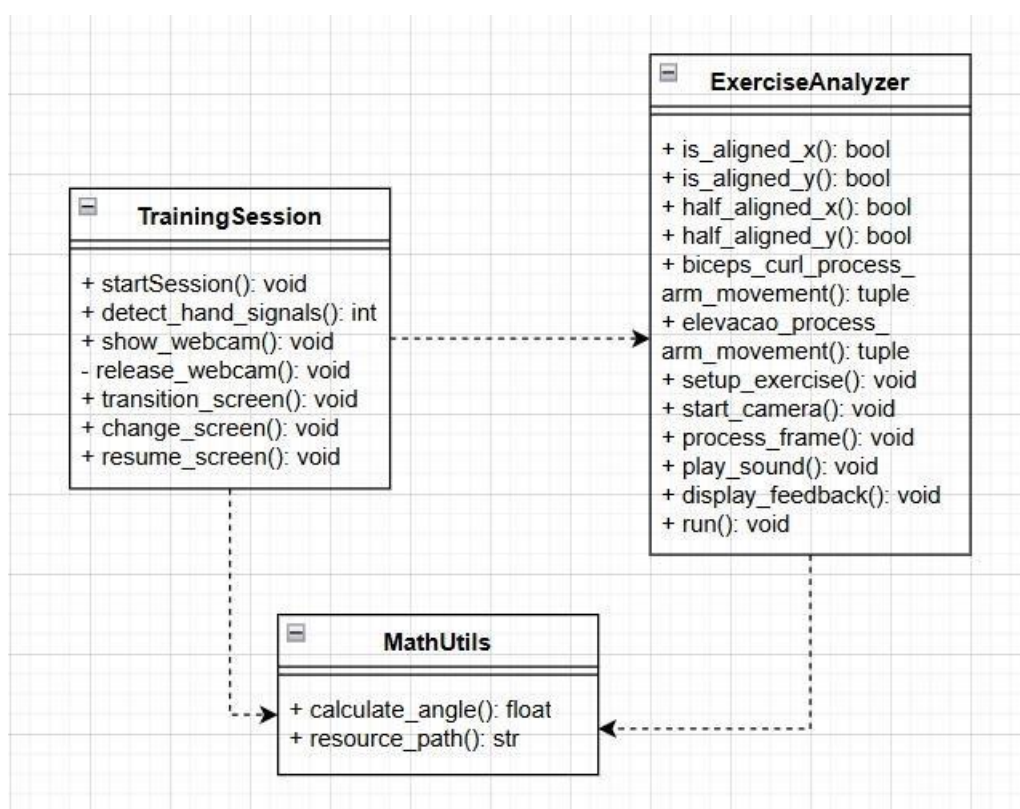
Após essa etapa, é iniciada a execução do treino, momento em que o software monitora os movimentos em tempo real. Durante essa fase, o sistema analisa a postura do usuário é analisada, para que o feedback sonoro e visual

seja fornecido corretamente ao usuário, até que todas as séries e repetições sejam realizadas.

3.4 DIAGRAMA DE CLASSES

O Diagrama de Classes, representado pela Figura 06, demonstra a estrutura estática do sistema, descrevendo classes, atributos, métodos e relacionamentos entre elas. Esse diagrama ajuda a visualizar como os objetos do sistema interagem e quais responsabilidades cada classe possui.

Figura 06 – Diagrama de Classes do *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

Na figura 06, podemos observar a organização das principais classes do sistema e seus relacionamentos. A classe *TrainingSession* representa uma sessão de treino, controlando a interação com a câmera e a interface gráfica. Essa classe gerencia o fluxo da sessão, como iniciar a sessão, detectar sinais de mão, exibir a webcam e fazer a transição entre as telas. Já a *ExerciseAnalyzer* é responsável por processar os movimentos durante os exercícios. Ela lida com

a captura de imagens da câmera, o processamento de cada frame e verificação dos alinhamentos dos movimentos. E por fim, a classe *MathUtils* fornece métodos utilitários para realizar cálculos matemáticos, como o cálculo de ângulos entre pontos no corpo.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram apresentados os principais elementos estruturais e funcionais do sistema *TechFit AR*, garantindo uma visão clara do seu funcionamento e organização interna. Através dos diagramas de Caso de Uso, Blocos e Classes, foi possível demonstrar a interação do usuário com o sistema, o fluxo operacional e a organização dos componentes do software.

Esses diagramas fornecem uma base sólida para o desenvolvimento do sistema, assegurando clareza, organização e precisão na implementação.

4 DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste projeto, o foco principal foi a criação de um sistema de reconhecimento de exercícios físicos utilizando o *MediaPipe* para a detecção de pontos-chave do corpo humano e *OpenCV* para processamento de imagens em tempo real. A escolha dessas ferramentas foi baseada em sua alta performance e flexibilidade, especialmente para a análise de movimentos corporais pela câmera.

Para auxiliar o desenvolvimento o projeto, diversas bibliotecas foram utilizadas, como o *Numpy* para o cálculo dos ângulos de articulações de diferentes pontos do corpo humano, *TKinter* para fornecer uma interface gráfica simples e interativa e também o *Pygame*, que permite adicionar efeitos sonoros para fornecer o feedback para o usuário.

4.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS

4.2.1 VSCode

O *Visual Studio Code*(VSCode)¹, na versão 1.98.1, é um editor de código-fonte amplamente utilizado devido à sua leveza, flexibilidade e vasto suporte de extensões. Ele oferece recursos bastante funcionais para desenvolvedores, como integração com *Git*, facilitando o controle de versão do projeto, suporte a diversas linguagens e frameworks através de extensões, ferramentas avançadas de depuração, interface clara e personalizável, etc.

¹ Disponível em: <https://code.visualstudio.com/>.

4.2.2 Python

*Python*², na versão 3.13.1, é uma linguagem de programação de alto nível, conhecida pela sua simplicidade e legibilidade. É uma das linguagens mais utilizadas para desenvolvimento, com grande suporte a bibliotecas e frameworks para diversas áreas, incluindo aprendizado de máquina e processamento de imagens. Possui uma grande quantidade de bibliotecas de terceiros, tem uma sintaxe simples, o que facilita o aprendizado e a manutenção do código, além disso, possui uma forte comunidade de desenvolvedores e vasta documentação.

4.2.3 MediaPipe

O *MediaPipe*³, na versão 0.10.21, é uma biblioteca desenvolvida pelo Google que facilita a construção de pipelines multimodais de processamento de mídia, incluindo rastreamento de mãos, rostos e movimentos corporais em tempo real. Ele fornece modelos otimizados para detecção e rastreamento, tornando-o ideal para reconhecimento de gestos e movimentos. Essa biblioteca oferece ferramentas de ponta para rastrear pontos-chave do corpo, rosto e mãos, integra-se bem com bibliotecas populares como o *OpenCV* para processamento de imagem e também utiliza modelos pré-treinados otimizados para alta performance em dispositivos móveis e desktops.

4.2.4 OpenCV

*OpenCV*⁴, na versão 4.11, é uma biblioteca de visão computacional de código aberto que oferece uma ampla gama de ferramentas para captura de vídeo, processamento de imagens e análise virtual. É amplamente usada em projetos que envolvem reconhecimento de padrões, detecção de objetos e

² Disponível em: <https://www.python.org/>.

³ Disponível em: <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide>.

⁴ Disponível em: <https://opencv.org/>.

manipulação de imagens. Traz diversos benefícios, como capturar e manipular imagens e vídeos em tempo real, essencial para aplicativos que precisam trabalhar com câmeras, possui funções para detecção de objetos, transformação de imagens, filtragem e análise de imagens, possui ampla documentação e grande comunidade.

4.2.5 NumPy

O *Numpy*⁵, na versão 2.2.3, é uma biblioteca fundamental para computação científica com *Python*. Ela fornece suporte para grandes matrizes multidimensionais e funções matemáticas de alto desempenho, essenciais para manipulação de dados numéricos. A eficiência dos cálculos matemáticos oferecidos pela biblioteca foi crucial para os cálculos dos ângulos entre as articulações do corpo, potencializando totalmente o desempenho do sistema.

4.2.6 TKInter

*TKinter*⁶, na versão 8.6.15, é uma biblioteca para criação de interfaces gráficas no *Python*. Ela oferece uma maneira simples de criar interfaces de usuário com janela, botões, rótulos e entre outros widgets interativos, o uso dessa biblioteca no projeto permitiu uma interação simplificada entre o usuário e o sistema, através de textos informativos que auxiliam na contextualização do uso do software.

4.2.7 Pygame

O *Pygame*⁷, na versão 2.6.1, é uma biblioteca para criação de jogos e

⁵ Disponível em: <https://numpy.org/>.

⁶ Disponível na documentação oficial do Python: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>.

⁷ Disponível em: <https://www.pygame.org/>.

aplicativos multimídia, especialmente para trabalhar com áudio, gráficos e eventos em tempo real. Mesmo que o sistema não seja um jogo, a capacidade de manipulação de gráficos e sons da biblioteca é muito útil, o que permitiu a implementação de efeitos sonoros ao projeto, melhorando o feedback em tempo real durante a execução do exercício.

4.3 IMPLEMENTAÇÕES DOS CASOS DE USO

Nesta seção, abordaremos a implementação de cada caso de uso descrito no sistema. Para cada cenário, será apresentada uma visão geral das operações essenciais e as etapas necessárias para atingir os objetivos definidos. Os pseudocódigos a seguir, representados na Tabela 08, ilustram de maneira simplificada os passos fundamentais para a execução de cada funcionalidade, facilitando o entendimento do processo de desenvolvimento de forma estruturada e lógica. A abordagem adotada busca garantir que o sistema atenda a todos os requisitos com eficiência, ao mesmo tempo em que proporciona clareza nas ações a serem executadas.

Tabela 08 – Descrição e fluxo de execução dos casos de uso

Caso de Uso	Nome	Fluxo de Execução
UC-01	Selecionar exercício	1. Iniciar tela de escolha de exercício.
		2. Mostrar opções para o usuário e esperar pela escolha.
		3. Confirmar a escolha com a webcam.
		4. Armazenar o exercício escolhido.
UC-02	Definir séries e repetições	1. Exibir opções para o número de séries e perguntar a quantidade desejada.
		2. Esperar e armazenar o número de séries.
		3. Perguntar a quantidade de repetições desejadas.
		4. Esperar e armazenar o número de repetições.
UC-03	Definir intervalo entre séries	1. Exibir opções para o intervalo.

		2. Perguntar o tempo desejado de descanso entre as séries.
		3. Esperar pela escolha do usuário e armazenar o intervalo.
UC-04	Iniciar treino	1. Exibir um resumo dos parâmetros definidos pelo usuário e aguardar tempo fixo para início.
		2. Iniciar a contagem de séries e repetições.
		3. Para cada repetição: detectar os movimentos e contar.
		4. Para cada série: esperar pelo intervalo e exibir feedback em tempo real.
UC - 05	Receber feedback em tempo real	1. Monitorar continuamente a execução dos movimentos durante o treino.
		2. Contar as repetições e séries realizadas pelo usuário.
		3. Exibir feedback visual e sonoro imediato.
UC-06	Finalizar treino	1. Identificar a conclusão de todas as séries programadas.
		2. Finalizar o software.

Conforme detalhado na Tabela 08, observa-se que os processos UC – 01, UC – 02 e UC – 03 englobam a fase de configuração inicial, na qual são definidos o exercício, as séries, as repetições e o tempo de descanso adequado. Após essa parametrização, o UC – 04 gerencia a inicialização do treinamento. Durante a execução da atividade, o UC – 05 atua de forma contínua, monitorando os movimentos capturados para contabilizar as ações e fornecer feedback visual e sonoro em tempo real ao usuário. Por fim, o UC – 06 identifica a conclusão da rotina programada e encerra a sessão.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto demonstrou a viabilidade do uso de tecnologias como *MediaPipe* e *OpenCV* para o reconhecimento de exercícios físicos em tempo real. A implementação de uma interface gráfica interativa com *TKinter* e o uso de *Pygame* para fornecer feedback sonoro contribuíram para uma experiência mais intuitiva para o usuário.

Além disso, o *Numpy* foi essencial para cálculos matemáticos precisos, permitindo a análise eficiente dos movimentos corporais. A escolha dessas ferramentas proporcionou um sistema robusto e flexível, que pode ser aprimorado com novos exercícios e funcionalidades no futuro.

Com isso, o projeto cumpre seu objetivo de auxiliar no monitoramento e correção de movimentos durante a prática de atividades físicas, destacando o potencial da visão computacional na área de saúde e do bem-estar.

5 FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

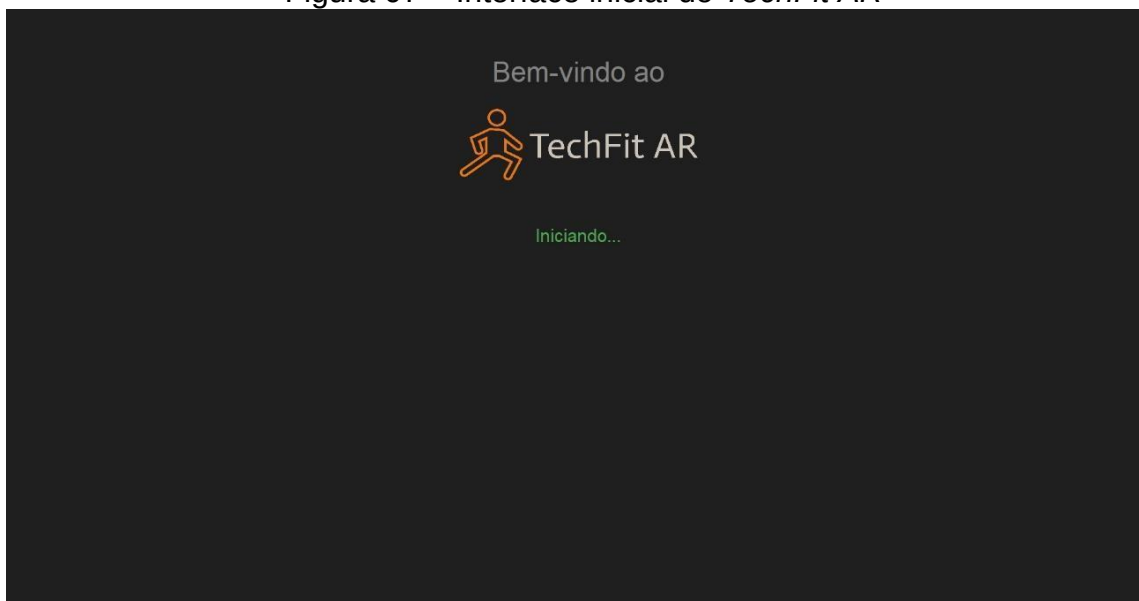
Este capítulo irá apresentar como funcionam as diferentes etapas para a utilização do *TechFit AR*, demonstrando as diversas interfaces do projeto e como elas interagem entre si.

5.2 USO DO SOFTWARE

A execução do software pelo usuário final ocorre por meio da abertura do arquivo executável no computador local. Adicionalmente, para fins de desenvolvimento ou avaliação, o acesso ao código-fonte do projeto pode ser realizado por meio da clonagem do repositório disponível no Github (WILLIAN, 2025).

5.3 INTERFACE INICIAL

Na primeira tela exibida ao rodar o software, representada pela Figura 04, o usuário consegue visualizar a logo do projeto e uma mensagem de boas-vindas. Sua função é introduzir o ambiente de forma amigável e simples, preparando o usuário para a navegação pelas próximas etapas do sistema.

Figura 07 – Interface inicial do *TechFit AR*

Fonte: O autor (2025).

A simplicidade visual desta tela, conforme a Figura 07, busca minimizar a carga cognitiva do usuário logo no seu primeiro contato com a aplicação.

5.4 INTERFACE TUTORIAL

Nesta interface, representada pela Figura 08, o usuário recebe orientações sobre como utilizar corretamente o software. São apresentadas informações essenciais para garantir o uso adequado dos recursos, como a postura diante da câmera, a forma de realizar os gestos e a estrutura do processo de configuração e execução dos exercícios, evidenciando como o usuário irá escolher os parâmetros de seu treino através de gestos manuais.

Figura 08 – Interface tutorial do *TechFit AR*

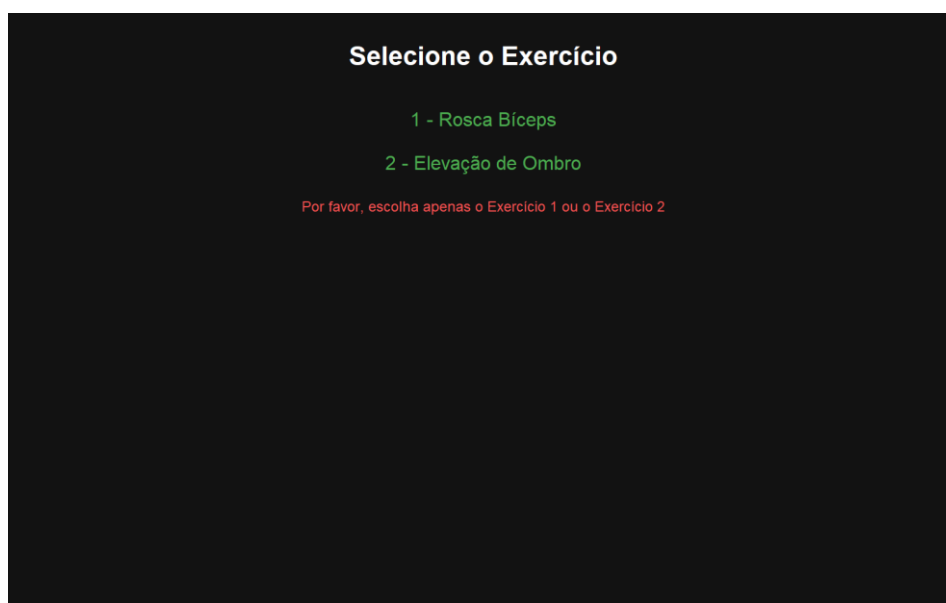
Fonte: O autor (2025).

Como ilustrado pela Figura 08, a disposição das instruções visa capacitar o usuário a interagir corretamente com a câmera e os gestos antes de iniciar as configurações.

5.5 INTERFACES DE ESCOLHA

As interfaces de escolha, representadas pelas Figuras 09, Figura 10 e Figura 11 possuem uma estrutura visual semelhante a Figura 08 e apresentam uma mensagem indicativa do parâmetro que o usuário está escolhendo no momento. Elas guiam o usuário na configuração do treino, permitindo personalização de acordo com a necessidade de cada sessão.

Figura 09 – Interface de escolha de exercício do *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

Nota-se pela Figura 09 que a tela destaca a variável selecionável por gestos manuais no momento, mantendo um padrão visual limpo para facilitar a leitura das opções disponíveis.

Figura 10 – Interface de escolha de séries do sistema *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

A interface representada pela Figura 10 mantém a consistência de design da etapa anterior, alterando o foco de forma clara para a definição da quantidade de séries.

Figura 11 – Interface de escolha de repetições do exercício no *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

Seguindo o mesmo padrão estrutural, a Figura 11 representa a tela que direciona a atenção do usuário exclusivamente para o número de repetições desejadas por série.

Para finalizar essa etapa de configuração, a Figura 12 apresenta a interface destinada à definição do tempo de intervalo entre as séries.

Figura 12 – Interface de escolha de intervalo entre a realização das séries no sistema *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

A tela final de parametrização, representada pela Figura 12, conclui as configurações exibindo os tempos de descanso de forma objetiva e padronizada.

5.6 INTERFACE DE SELEÇÃO POR GESTOS MANUAIS

Exibida após cada interface de escolha, a interface representada pela Figura 13 utiliza o dispositivo de captura do dispositivo do usuário para detectar gestos manuais realizados pelo usuário, permitindo que ele selecione opções sem a necessidade de tocar na tela. O sistema de reconhecimento baseia-se na contagem de dedos levantados (Por exemplo, exibir a mão com três dedos estendidos seleciona a opção correspondente ao número três). Para auxiliar na visualização do rastreamento, são exibidos pontos e linhas sobre as mãos para auxiliar na visualização do gesto, e um indicador referente ao número identificado é exibido no canto superior esquerdo da tela.

Figura 13 – Interface de seleção de parâmetros de treino por gestos manuais durante a execução do *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

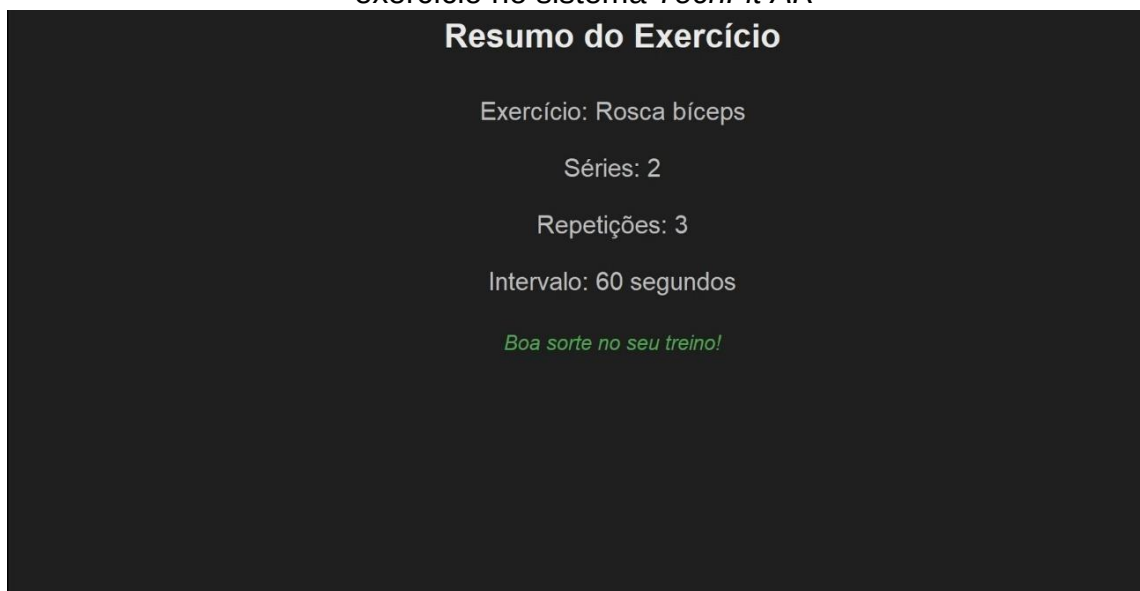
O mapeamento em tempo real das mãos, visível na tela representada pela Figura 13, fornece ao usuário a confirmação imediata de que seus movimentos estão sendo rastreados adequadamente.

5.7 INTERFACE DE RESUMO DE EXERCÍCIO

Antes de iniciar a prática, o usuário é levado para a interface de resumo,

ilustrada pela Figura 14. Nela, são apresentadas todas as escolhas feitas anteriormente. Essa etapa permite ao usuário revisar suas configurações de treino.

Figura 14 – Interface de resumo de escolhas de parâmetros para realização de exercício no sistema *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

Como evidenciado pela Figura 14, a consolidação dessas informações em uma única tela garante que o usuário possa validar todo o seu planejamento de forma clara antes de iniciar o esforço físico.

5.8 INTERFACE DE EXECUÇÃO DO EXERCÍCIO

Após a exibição do resumo, o usuário é redirecionado à interface de execução do exercício, apresentada na Figura 15. Nesta tela, o dispositivo de captura permanece ativa e o corpo do usuário é rastreado, com pontos e linhas sendo exibidos de acordo com o exercício selecionado. No canto superior esquerdo da tela, o exercício escolhido é exibido, juntamente com a quantidade de séries e repetições restante para a conclusão do exercício. Para garantir a fluidez da sessão, a contagem das repetições é realizada de forma totalmente automática pelo sistema: o algoritmo monitora a execução biomecânica em tempo real e atualiza os contadores a cada ciclo completo de movimento, dispensando qualquer tipo de interação manual ou prompt por parte do usuário.

Figura 15 – Interface de execução do exercício pelo usuário no *TechFit AR*



Fonte: O autor (2025).

A Figura 15 demonstra como o feedback visual contínuo sobre o corpo do usuário, somado às informações em tempo real no canto da tela, auxilia na manutenção do ritmo e na execução correta dos movimentos propostos durante a sessão de treino.

5.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi apresentado o fluxo completo de utilização do software *TechFit AR*, destacando a função de cada interface e como elas se interconectam para proporcionar uma experiência interativa, acessível e personalizada ao usuário. Desde a tela inicial até a execução final do exercício, o sistema foi projetado para oferecer uma navegação intuitiva, utilizando recursos como detecção por gestos manuais e visualização em tempo real com pontos e linhas sobre o corpo, facilitando a prática de atividades físicas de forma assistida e imersiva.

O detalhamento das etapas evidencia a preocupação com a usabilidade e a clareza do processo de configuração e acompanhamento dos exercícios. As interfaces de escolha permitem personalização, enquanto as interfaces de seleção por gestos e execução garantem interatividade e engajamento. Com a

estruturação destas funcionalidades, o *TechFit AR* demonstra um forte potencial para atuar como uma ferramenta de auxílio à prática de exercícios físicos, aliando a tecnologia de RA e a visão computacional. A avaliação de sua real eficácia e usabilidade será fundamentada no capítulo a seguir, por meio da análise dos testes realizados.

6 TESTES E RESULTADOS

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A etapa de testes é fundamental para validar o funcionamento e a eficácia do software. Como o sistema tem como objetivo auxiliar usuários na execução correta de exercícios físicos por meio de RA, é essencial garantir que suas funcionalidades operem corretamente e de forma intuitiva.

Os testes realizados têm como foco avaliar a precisão do reconhecimento de gestos, a resposta do feedback visual e sonoro em tempo real e a execução correta do fluxo de treino. Para isso, optou-se por utilizar testes de caixa preta, que verificam o comportamento do software sem a necessidade de analisar seu código-fonte, garantindo que ele atenda os requisitos definidos no projeto. Segundo Vidal (2011), a formalização do teste de caixa preta direciona o testador a escolher subconjuntos de testes que, teoricamente, serão eficientes e efetivos na descoberta de defeitos.

Os testes foram conduzidos em um ambiente controlado, utilizando o seguinte dispositivo descrito pela Tabela 09:

Tabela 09 – Especificações técnicas do hardware utilizado nos testes de utilização do *TechFit AR*

Componente	Especificação
Equipamento	Notebook Lenovo IdeaPad S145
Processador	Intel Core i7 1065G7
Memória RAM	8GB DDR4 RAM
Placa de Vídeo	Intel Iris Plus Graphics

Fonte: O autor (2025).

A utilização do dispositivo listado na Tabela 09 permitiu garantir condições ideais de funcionamento. Além disso, foram considerados diferentes cenários de uso para validar a robustez do sistema.

Nos tópicos a seguir, serão apresentados os testes realizados, os critérios de avaliação utilizados e os resultados obtidos, possibilitando uma análise detalhada do desempenho do *TechFit AR*.

6.2 DEFINIÇÃO DOS TESTES

O teste de caixa preta é uma técnica de teste de software que avalia a funcionalidade do sistema sem levar em consideração seu código-fonte ou estrutura interna. O foco desse método está nas entradas e saídas do sistema, verificando se ele se comporta conforme o esperado em diferentes condições de uso.

Esse tipo de teste é útil para validar a experiência do usuário, garantindo que as funcionalidades sejam intuitivas, responsivas e precisas. Ele também é essencial para identificar falhas relacionadas a interface, processamento de dados e resposta do sistema a diferentes entradas.

6.3 VALIDAÇÃO DOS CASOS DE TESTE

Para validarmos os casos de uso do projeto iremos usar os casos UC001, UC002, UC003 e UC004, pois nesses casos teremos a maior quantidade de interações da aplicação, possuindo um papel crucial no sistema.

6.3.1 Selecionar exercício

Neste teste a avaliação será sobre o UC001, representada pela Tabela 10, o primeiro caso que será analisado para o teste de caixa preta, validando se a seleção de exercício ocorre de forma esperada, exibindo contador de dedos no topo da tela, e também pontos e linhas.

Tabela 10 – Definição das classes de teste para o caso de uso UC001
(Selecionar exercício)

Caso de Uso	Condição de início	Classes válidas	Classes inválidas
UC001 – Selecionar exercício	A interface de instruções foi exibida.	1. Exibir contador de dedos no topo da tela.	3. Usuário escolhe um valor que não possui exercício correspondente.
		2. Se a mão estiver visível, exibir pontos e linhas na mesma.	4. Mais de um par de mãos está sendo exibido no dispositivo de captura.
			5. Usuário não é redirecionado para a tela de definição de séries e repetições após confirmação de gesto.

Fonte: O autor (2025).

A Tabela 10 organiza as condições necessárias e os comportamentos esperados (válidos e inválidos) para a etapa inicial de escolha do exercício. A partir desses critérios, os resultados obtidos após a execução prática do teste estão consolidados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultado da validação em caixa preta para o caso de uso UC001
(Selecionar exercício)

Condição de início	Classe	Saída
A interface de instruções foi exibida.	1	Contador é exibido corretamente.
	2	Pontos e linhas são desenhados corretamente nas mãos.
	3	O sistema não aceita que o usuário escolha um gesto que não tenha um exercício correspondente.
	4	O sistema só contabiliza um par de mãos.
	5	O sistema avança mediante a confirmação do gesto.

Fonte: O autor (2025).

Conforme observado na Tabela 11, o sistema demonstrou o comportamento esperado para todas as classes testadas, garantindo que o rastreamento das mãos e a restrição de seleção a exercícios existentes ocorram sem intercorrências.

6.3.2 Definir séries e repetições

Já no teste UC002 será analisado se o usuário consegue definir com sucesso valores para representarem a quantidade de séries e repetições que ele deseja realizar de certo exercício, conforme estruturado na Tabela 12.

Tabela 12 – Definição das classes de teste para o caso de uso UC002 (Definir séries e repetições)

Caso de uso	Condição de início	Classes válidas	Classes inválidas
UC002 – Definir séries e repetições	A interface de instrução para definir séries e repetições é exibida.	1. Exibir contador de dedos no topo da tela.	3. Mais de um par de mãos está sendo exibido no dispositivo de captura.
		2. Se a mão estiver visível, exibir pontos e linhas na mesma.	4. Usuário não é redirecionado para a tela de definição de séries e repetições após confirmação de gesto.

Fonte: O autor (2025).

As diretrizes estabelecidas na Tabela 12 focam na validação da interface de configuração de volume de treino. A resposta da aplicação diante dessas condições de teste está registrada na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultado da validação em caixa preta para o caso de uso UC002 (Definir séries e repetições)

Condição de início	Classe	Saída
A interface de instrução para definir séries e repetições é exibida.	1	Contador é exibido corretamente.
	2	Pontos e linhas são desenhados corretamente nas mãos.
	3	O sistema só contabiliza um par de mãos.
	4	O sistema avança mediante a confirmação do gesto.

Fonte: O autor (2025).

Os resultados expostos na Tabela 13 propõem que o *TechFit AR* lida corretamente com as interações de contagem e reconhecimento de gestos contínuos para a definição estrita das séries e repetições.

6.3.3 Definir intervalo entre séries

Para o teste UC003, será necessário validar se o usuário é capaz de definir um intervalo de tempo entre as séries realizadas sem problemas, como demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Definição das classes de teste para o caso de uso UC003 (Definir intervalo entre séries)

Caso de uso	Condição de início	Classes válidas	Classes inválidas
UC003 – Definir intervalo entre séries	A interface de instrução para definir intervalo é exibida.	1. Exibir contador de dedos no topo da tela.	3. Mais de um par de mãos está sendo exibido no dispositivo de captura.
		2. Se a mão estiver visível, exibir pontos e linhas na mesma.	4. Usuário não é redirecionado para a tela de definição de séries e repetições após confirmação de gesto.

Fonte: O autor (2025).

Assim como nos casos anteriores, a Tabela 14 mapeia as situações de uso esperadas para a etapa de descanso. O desempenho do sistema durante esta avaliação é detalhado na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultado da validação em caixa preta para o caso de uso UC003 (Definir intervalo entre séries)

Condição de início	Classe	Saída
A interface de instrução para definir intervalo é exibida.	1	Contador é exibido corretamente.
	2	Pontos e linhas são desenhados corretamente nas mãos.
	3	O sistema só contabiliza um par de mãos.
	4	O sistema avança mediante a confirmação do gesto.

Fonte: O autor (2025).

A análise da Tabela 15 evidencia que a transição lógica para a confirmação do intervalo de descanso opera conforme o planejado, reconhecendo adequadamente os gestos manuais e validando a escolha do

usuário.

6.3.4 Iniciar treino

Por fim, o teste UC004 será analisado com a intenção de validar a viabilidade da execução do exercício, verificando a postura do usuário através do cálculos de ângulos relacionados a partes do corpo que estão em movimento para a realização do exercício escolhido. Os parâmetros de validação para esta etapa crucial estão dispostos na Tabela 16.

Tabela 16 – Definição das classes de teste para o caso de uso UC004 (Iniciar treino)

Caso de uso	Condição de início	Classes válidas	Classes inválidas
UC004 – Iniciar treino	A interface de resumo de exercício é exibida.	1. Exibir informações referentes à execução atual do exercício.	3. Mais de um usuário está sendo exibido no dispositivo de captura.
		2. Exibir pontos e linhas nas articulações necessárias para a realização do exercício.	4. Movimento realizado pelo usuário não é identificado.
			5. Programa não fecha após a finalização da execução do exercício

Fonte: O autor (2025).

A Tabela 16 abrange as classes de teste mais complexos do sistema, que envolvem o rastreamento corporal completo e o feedback durante o esforço físico. Os resultados práticos da validação desta etapa são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultado da validação em caixa preta para o caso de uso UC004 (Iniciar treino)

Condição de início	Classe	Saída
A interface de resumo de exercício é exibida.	1	Informações são exibidas corretamente.
	2	Pontos e linhas são exibidos corretamente.
	3	Sistema não consegue identificar corretamente quem é o usuário que está realizando o exercício.
	4	Em situações favoráveis, o sistema identifica corretamente os movimentos do usuário. Em situações desfavoráveis, a identificação do movimento não acontece.
	5	Sistema só se encerra após a confirmação da finalização da execução de todas as séries e repetições do exercício.

Fonte: O autor (2025).

A Tabela 17 revela que, embora o sistema identifique os movimentos e forneça o feedback visual corretamente em condições favoráveis, situações adversas (como a presença de múltiplos usuários ou oclusão) afetam o rastreamento. Esse comportamento reflete as limitações esperadas da tecnologia de visão computacional utilizada, mas ressalta a estabilidade geral da aplicação.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização dos testes foi essencial para validar a eficácia e o funcionamento do sistema *TechFit AR* em condições controladas e representativas do uso real. Por meio da técnica de caixa preta, foi possível verificar se o sistema respondia adequadamente às interações do usuário, sem a necessidade de inspecionar seu código-fonte, focando exclusivamente na experiência de uso e nos resultados gerados.

Os testes aplicados aos casos de uso UC001, UC002, UC003 e UC004 demonstraram que o sistema consegue identificar corretamente os gestos do usuário, exibir feedback visual com pontos e linhas nas mãos e realizar as transições entre as telas de forma precisa, mesmo diante de entradas inválidas ou múltiplos pares de mãos. Esse comportamento evidencia a robustez das funcionalidades implementadas e a aderência aos requisitos previamente definidos.

Além disso, a responsividade do sistema e sua capacidade de guiar o usuário nas etapas de seleção, definição de parâmetros e execução do exercício confirmam seu potencial como ferramenta de apoio à prática de atividades físicas. Os resultados obtidos comprovam que o *TechFit AR* é funcional, intuitivo e capaz de proporcionar uma experiência interativa adequada ao público-alvo.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de um software, o *TechFit AR*, e demonstrou o potencial da RA como uma ferramenta auxiliar na execução de exercícios físicos. O sistema foi projetado para fornecer feedback visual e sonoro em tempo real, ajudando o usuário a realizar os movimentos corretamente e evitando lesões. Além disso, a implementação permitiu a parametrização personalizada do treino, incluindo seleção de exercício, séries, repetições e intervalos, tornando a experiência mais adaptável às necessidades individuais.

Durante o processo de desenvolvimento, foram utilizados frameworks como *MediaPipe* e *OpenCV* para detecção de movimentos, além de bibliotecas auxiliares como *Numpy*, *TKinter* e *Pygame* para processamento e interface. Os testes de caixa preta aplicados confirmaram que o software responde corretamente aos comandos e realiza a detecção dos movimentos de maneira satisfatória.

No entanto, apesar dos resultados positivos, ainda existem melhorias que podem ser implementadas para aprimorar a usabilidade e a eficiência do sistema. A falta de avaliação por especialistas da área de educação física, bem como a necessidade de uma maior variedade de exercícios compatíveis, são aspectos que podem ser aprimorados no futuro.

Dessa forma, o *TechFit AR* se mostrou uma solução inovadora e promissora, com potencial para evoluir ainda mais e impactar positivamente a experiência dos usuários na prática de exercícios.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Para aprimorar o *TechFit AR* e expandir suas funcionalidades, algumas melhorias podem ser implementadas:

- a) Colaboração com profissionais da área: Consultar educadores físicos para refinar os critérios de feedback do sistema, garantindo que as correções de postura e execução dos exercícios estejam alinhadas com as melhores práticas do treinamento físico.
- b) Sistema de engajamento: Implementar um mecanismo de incentivo para que os usuários mantenham uma rotina de exercícios. Isso pode incluir gamificação, desafios diários, metas personalizadas ou até mesmo um sistema de recompensas.
- c) Aprimoramento da experiência do usuário: Realizar testes mais abrangentes para garantir que o software funcione de forma fluida e intuitiva, reduzindo possíveis erros e melhorando a interface e o feedback fornecido.
- d) Expansão do catálogo de exercícios: Atualmente, o sistema está focado em exercícios específicos, mas sua aplicabilidade pode ser ampliada para uma variedade maior de movimentos, permitindo um acompanhamento mais completo dos treinos dos usuários.
- e) Otimização de desempenho: Melhorar a eficiência do processamento das imagens e do reconhecimento dos movimentos, garantindo um desempenho mais rápido e preciso, especialmente para dispositivos com menor capacidade computacional.

Esses aprimoramentos garantirão que o *TechFit AR* se torne uma ferramenta ainda mais útil e eficiente, contribuindo para a saúde e o desempenho dos usuários ao longo do tempo.

8 REFERÊNCIAS

BAZAREVSKY, Valentin et al. **BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking**. arXiv preprint arXiv:2006.10204, 2020.

CHATTERJEE, Ayan et al. **Machine learning and ontology in eCoaching for personalized activity level monitoring and recommendation generation**. Scientific Reports, v. 12, n. 1, p. 19825, 2022.

DE BARROS, Gabriel Mendes Camargo; FALEIROS, Pedro Antônio Rodrigues; PUGLIESI, Jaqueline Brigladori. **DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE BASEADA EM GESTOS DAS MÃOS PARA APRESENTAÇÕES**. Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica, v. 14, n. 1, 2024.

DE FREITAS PEIXOTO, Thamyris et al. **Fatores associados às lesões por overuse em ciclistas amadores: um estudo transversal**. INTERDISCIPLINARY JOURNAL OF CIÊNCIAS MÉDICAS, v. 6, n. 1, p. 31-36, 2022.

DE LIZ, Carla Maria et al. **O papel do feedback na motivação de praticantes de exercício resistido**. Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde, v. 17, n. 4, p. 275-278, 2012.

GONÇALVES, João et al. **Detection and pose adjustment in physical exercises using computer vision techniques: approaches, challenges and opportunities**. Revista de Informática Teórica e Aplicada, v. 31, n. 1, p. 11-31, 2024.

GU, Yiwen et al. **Home-based physical therapy with an interactive computer vision system**. In: Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision workshops. 2019. p. 0-0.

INTEGRATION. EDUCATION. **Proceedings of the International Scientific Conference**. 2024. p. 626-636.

KHANAL, Salik Ram et al. **A review on computer vision technology for physical exercise monitoring**. Algorithms, v. 15, n. 12, p. 444, 2022.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações**. Petrópolis: Editora SBC, 2007.

LATYSHEV, Mykola et al. **Computer vision technologies for human pose estimation in exercise: accuracy and practicality**. In: SOCIETY.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: SBC, 2006.

WARBURTON, Darren ER; NICOL, Crystal Whitney; BREDIN, Shannon SD. **Health benefits of physical activity: the evidence**. Cmaj, v. 174, n. 6, p. 801-809, 2006.

WILLIAN, Gustavo. **TECHFIT AR: PREVENÇÃO DE LESÕES E OTIMIZAÇÃO DA EXECUÇÃO DE EXERCÍCIOS POR MEIO DE REALIDADE AUMENTADA** [repositório Github]. 2025. Disponível em: <<https://github.com/GustavoWillian7/TechFitAR>>. Acesso em: 16 maio 2025.